

ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E SEUS EFEITOS (FMEA): UMA AVALIAÇÃO DAS PUBLICAÇÕES EM PERIÓDICOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS

SANTOS, Lucas Oliveira¹; SANTOS, Matheus Fernandes Souza²; CASTRO, João Paulo
do Prado³; SOUZA, Wiliam Santos⁴; CARDOSO, Johnatha Pinto⁵

¹ Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe, lucasoliveira2516@gmail.com

² Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe, matheusfssantos@gmail.com

³ Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe, joaopcastro9@gmail.com

⁴ Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe, wiliam_s.s@hotmail.com

⁵ Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Sergipe, john05pc15@gmail.com

Resumo: A confiabilidade tem se tornado muito importante para clientes e empresas. Para os clientes, pois se relaciona com sua satisfação e para as empresas para garantir sua estabilidade no mercado competitivo. Baseando-se nisto, as empresas estão utilizando de ferramentas da qualidade para aumentar a confiabilidade de seus bens comercializados. Uma destas ferramentas é a Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA), a qual identifica potenciais modos de falha de um produto ou processo. Este artigo tem como justificativa a exigência de uma correta gestão da qualidade nas empresas e como objetivo mapear as aplicações de FMEA que foram feitas nos últimos anos, além de servir como base para o incentivo de publicações científicas neste campo de pesquisa. O trabalho apresenta uma análise abrangente do estudo da FMEA desde o ano 2000 até 2016. A análise bibliométrica permitiu destacar que países emergentes têm mais publicações nesta área e que existem mais aplicações relacionadas à FMEA de produto. Uma análise mais aprofundada dos artigos permitiu fazer um estudo sobre modelagem, aplicação e combinação da FMEA com outras ferramentas. Estudos podem ser aprofundados e desenvolvidos nesta área para melhorar a compreensão do assunto e auxiliar nas respostas às falhas das empresas.

Palavras-chave: FMEA; Falhas; Confiabilidade.

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA): AN EVALUATION OF PUBLICATIONS IN NATIONAL AND INTERNATIONAL JOURNALS

Abstract: Reliability has become extremely important for customers and companies. For customers, it relates to their satisfaction and for companies to ensure their stability in the competitive market. Based on this, companies are using quality tools to increase the reliability

of the traded goods. One of these tools is Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), which identifies potential failure modes of a product or a process. This article has as justification the requirement of a correct quality management in the companies and aims to map the FMEA applications that have been made in recent years, besides serving as the basis for the incentive of scientific publications in this research field. The work proposes an embracing analysis of the FMEA study from 2000 to 2016. The bibliometric analysis allowed highlight that emerging countries have more publications in this area than developed countries and that there are more applications related to product FMEA. An analysis more deepened of articles allowed to do a study on the modeling, application and combination of FMEA with other tools. Studies can be intensified and developed in this area to improve comprehension of the subject and help in the responses to companies' failure.

Keywords: FMEA; Failures; Reliability.

1 Introdução

A confiabilidade tem se tornado cada vez mais importante para os clientes, pois está relacionada de forma direta com a satisfação destes, através da relação de percepção e expectativa (ALMEIDA, 2003). A falha de determinado produto afeta diretamente a relação entre consumidor e empresa, pois implicará em custos para a organização bem como o cliente perderá a confiança nesta (BIASOLI, 2003).

Diversas organizações utilizam, hoje, ferramentas da qualidade para aumentar a confiabilidade de seus produtos ou serviços e diminuir a probabilidade de possíveis erros no produto acabado ou no seu processo de fabricação. Estas ações aumentam a segurança do produto e a credibilidade do cliente (JURAN, 1997).

Dentre essas ferramentas, tem-se a Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA), que tem como objetivo identificar potenciais modos de falha de um produto ou processo. De forma a avaliar o risco associado a estes modos de falhas, para que sejam classificados em termos de importância e então receber ações corretivas com o intuito de diminuir a incidência de falhas. É um método que permite uma análise preventiva das possíveis causas de falhas de um produto, aumentando a sua confiabilidade (ESTORILIO; POSSO, 2011).

A FMEA é um método importante que pode ser utilizado em diferentes áreas de uma organização como: projetos de produtos, análise de processos, área industrial e/ou administrativa, manutenção de ativos e confiabilidade com o intuito de trazer importantes benefícios para o negócio. Porém, ultimamente as empresas automotivas têm se destacado na aplicação da FMEA para avaliar seu processo produtivo (IQA, 2002).

Entretanto, a aplicação da FMEA ainda é motivo de reclamações em algumas empresas. Segundo Tumer *et al.* (2003), a aplicabilidade da FMEA na área industrial torna-se bastante trabalhosa e custosa em termos econômicos e em relação ao tempo que se destina para realizar

tal ação. Além disso, muitas aplicações têm apresentado resultados insatisfatórios devido às descrições inconsistentes das funções do objeto estudado e de suas respectivas falhas.

Considerando as exigências dos diversos setores de atuação das empresas quanto à gestão da qualidade e o fato da FMEA ser um pré-requisito neste cenário, considera-se importante a realização deste estudo como forma de auxiliar no mapeamento das principais publicações referentes ao tema. Partindo dessa problemática, o objetivo deste artigo é mapear as aplicações de FMEA que foram feitas nos últimos anos e, através de uma análise bibliográfica, servir como base para o incentivo de publicações científicas neste campo de pesquisa, já que esta área ainda carece de estudos aprofundados.

Este artigo foi estruturado da seguinte forma: a seção 2 apresenta uma visão geral dos métodos de pesquisa utilizados, enquanto a terceira seção aborda a fundamentação teórica sobre FMEA. A seção 4 detalha os resultados e discussões, apresentando uma análise dos trabalhos e, também, uma análise bibliográfica dos mesmos. Finalmente, a seção 5 apresenta as conclusões e considerações finais.

2 Métodos de pesquisa

O artigo consiste numa revisão bibliográfica das principais aplicações da FMEA em diversas áreas de estudo. A metodologia de pesquisa dividiu-se em três partes, que poderão ser vistas nas subseções posteriores.

2.1 Definição de palavras-chave

Inicialmente, as palavras-chave foram definidas e selecionadas conforme a necessidade de avaliar o estado da arte. Nas bases de dados nacionais a pesquisa foi feita usando-se como palavra-chave apenas FMEA, pois usando-se apenas esta palavra foi obtido um número suficiente de artigos úteis ao desenvolvimento deste trabalho. Porém, nas bases de dados internacionais, buscando apenas por este termo muitos artigos distorciam para o objetivo do estudo. Dessa forma, foram utilizadas as palavras chaves *Failure Model and Effects analysis and FMEA*. Esta combinação foi suficiente para a obtenção dos artigos necessários ao estudo.

2.2 Pesquisa em bases de dados bibliográficos

Para o desenvolvimento deste artigo, foram consideradas as publicações entre os anos de 2000 e 2016, pois a disponibilidade de artigos gratuitos para leitura nas bases internacionais era muito precária e, mesmo fazendo o estudo para esse longo intervalo de tempo, foram obtidos poucos artigos para análise.

O processo de escolha dos artigos foi então realizado em duas bases de dados internacionais, *Science Direct* e *Scielo*, e cinco nacionais, que foram *Revista Produção Online*, *Revista Gestão e Produção*, *The Production Journal*, *Revista GEPROS* e *Revista Produção e Engenharia*. A Tabela 1 apresenta todos os itens encontrados de acordo com a pesquisa inicial feita, sem fazer um mapeamento dos artigos que poderiam ser úteis ao presente estudo, totalizando 67 artigos.

Tabela 1 – Quantidade de artigos disponíveis para leitura nas bases de dados

Base de Dados	Quantidade de Artigos
Revista Produção Online	37
<i>Science Direct</i>	13
<i>Scielo</i>	7
<i>The Production Journal</i>	5
Revista Gestão e Produção	3
Revista GEPROS	1
Revista Produção e Engenharia	1

Fonte: Autoria própria

2.3 Análise e escolha dos artigos

Após a pesquisa, foi feita uma avaliação dos trabalhos encontrados com o objetivo de achar os que seriam úteis para o artigo, com aplicações da FMEA. Dos 67 artigos encontrados inicialmente, apenas 22 serviram para o desenvolvimento deste trabalho. A análise foi feita através de uma leitura parcial dos mesmos, detectando os que possuíam algum tipo de aplicação da FMEA em qualquer setor, seja ele industrial ou de serviços, ou então artigos que possuíam alguma combinação da FMEA com outra ferramenta com possibilidade de aplicação prática. Dessa forma, alguns artigos foram descartados pois seus conteúdos fugiam totalmente do foco do trabalho.

3 Uma visão geral sobre a FMEA

Em 1963, a agência norte-americana NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) criou um método capaz de identificar, de forma sistemática, falhas potenciais em sistemas, processos ou serviços, identificar seus efeitos, suas causas e, a partir disso, definir ações para reduzir ou eliminar o risco associado a essas falhas. Esse método foi chamado de FMEA (PUENTE *et al.*, 2002).

A FMEA é dividida em dois tipos, a de produto e a de processo. A FMEA de processo irá analisar todos os processos, seja um processo novo ou já existente, seu objetivo é aumentar a confiabilidade e diminuir os gastos utilizados nas ações corretivas e de melhoria. Já a de

produto está relacionada a falhas que poderão ocorrer em determinada mercadoria, dentro das especificações do projeto (RODRIGUES, 2004).

Normalmente a Análise do modo e Efeito de falha é conduzida em duas fases. A primeira está relacionada com a identificação dos possíveis problemas e os efeitos que acarretará. Neste processo são utilizadas algumas ferramentas como *brainstorming* dos processos, diagramas de causa e efeito, 5W e 2H.

Depois de identificados os efeitos de falha, é descrita a consequência de cada problema percebida pelo cliente, ou até mesmo como o sistema está sendo afetado. Com os problemas bem definidos deve-se estimar a severidade dos efeitos de falha, que é justamente o quanto este efeito pode prejudicar o sistema. De acordo com Stamatis (1995) o indicador varia de 1 (efeito de menor importância) a 10 (efeito de grande importância) conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 – Parâmetros para determinação do índice de severidade

Índice	Severidade	Critério
1	Nenhuma	Nenhum efeito perceptível.
2	Muito pequena	Cliente mal percebe a falha. Efeito muito leve sobre o desempenho do sistema.
3	Pequena	Cliente percebe a falha. Mínimo efeito sobre o desempenho do sistema.
4	Mínima	Cliente começa a ficar irritado. Pequeno efeito sobre o desempenho do sistema.
5	Moderada	Cliente um pouco insatisfeito. Efeito moderado sobre o desempenho do sistema.
6	Significativa	Desconforto do cliente. Performance degradada do produto ou sistema. Falha parcial, mas operável.
7	Alta	Cliente insatisfeito. Performance do produto ou sistema é gravemente afetada.
8	Extrema	Cliente muito insatisfeito. Produto ou sistema inoperável, mas seguro.
9	Grave	Efeitos potenciais críticos. Possibilidade de danos físicos aos clientes e complicações com regulamentações governamentais.
10	Perigosa	Efeitos críticos e repentinos. Relacionados com a segurança dos clientes (quando há risco de morte) e não conformidade com regulamentações governamentais.

Fonte: Adaptada de Stamatis (1995)

Depois disso, é determinado o índice de ocorrência de acordo com a probabilidade de falha na taxa em proporção ao tempo ou a produção do número de itens. Os valores correspondentes a este índice podem ser vistos na Figura 2.

Figura 2 – Parâmetros para determinação do índice de ocorrência

Índice	Ocorrência	Critério	Proporção
1	Quase nunca	Insucesso improvável. Não há histórico de falhas	1:1.000.000
2	Muito remota	Falhas raras	1:20.000
3	Remota	Suscetível a muito poucas falhas	1:4.000
4	Muito baixa	Suscetível a poucas falhas	1:1000
5	Baixa	Falhas ocasionais	1:400
6	Moderada	Moderado número de falhas	1:80
7	Moderadamente alta	Moderadamente elevado número de insucessos prováveis	1:40
8	Alto	Alto número de falhas prováveis	1:20
9	Muito alta	Muito alto o número de falhas prováveis	1:8
10	Quase certa	Falhas quase certas. Histórico da existência de falhas em projetos semelhantes	1:2

Fonte: Adaptada de Stamatis (1995)

E, por fim, é feita a verificação dos controles de prevenção e detecção de falhas. Este indicador se opera de forma similar aos índices anteriores: que seria um peso 10 para problemas de difícil percepção e peso 1 para os facilmente detectáveis. (SHARMA *et al.*, 2005; PUENTE *et al.*, 2002; STAMATIS, 2003). Estes valores podem ser vistos na Figura 3.

Figura 3 – Parâmetros para determinação do índice de detecção

Índice	Deteção	Critério
1	Quase certa	Técnicas conhecidas e comprovadas disponíveis
2	Muito alta	Análises de computador disponíveis no início do projeto
3	Alta	Uso de simulação e/ou modelagem nas fases iniciais do projeto
4	Moderadamente alta	Ensaio em protótipos nas fases iniciais
5	Moderada	Ensaio nos itens antes da produção
6	Baixa	Ensaio em itens similares
7	Muito baixa	Ensaio no produto através de usando protótipos nas fases finais do projeto
8	Remota	Testes de durabilidade nas fases finais do projeto
9	Muito remota	Apenas técnicas não confiáveis disponíveis
10	Quase impossível	Nenhuma técnica conhecida disponível

Fonte: Adaptada de Stamatis (1995)

Após essas análises é montada a FMEA e pode-se identificar em qual processo deve-se ter um maior foco para que não ocorram problemas futuros dentro do sistema. É de fundamental importância para a empresa filtrar essa necessidade de intervenção para a tomada de decisão nos pontos que estão atrapalhando a produção. Ou seja, depois de descoberto o gargalo da produção a empresa poderá intervir para uma maior eficiência nos processos produtivos. A Figura 4 mostra um modelo pronto de uma FMEA.

Figura 4 – Exemplo de uma FMEA

ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL EM SERVIÇOS (SFMEA)																
Descrição do Serviço:					Item:					SFMEA nº:						
Responsável pelo Projeto:					Equipe:					Data SFMEA:						
Momento da Verdade	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais	S	Causas Potenciais	O	Controles	D	Recuperação	R	R P N	ACÇÕES PREVENTIVAS	RESPONSÁVEIS	ACÇÕES TOMADAS	S	O	D R R P N
Escolher mesa e sentar-se	Mesas mal arrumadas	O cliente insatisfeito reclama e afeta o fluxo	3	Falta de padrões Funcionários mal treinados	5	O próprio funcionário inspeciona	3	O funcionário arruma a mesa e se desculpa	2	90	Treinamento dos funcionários, elaborar padrão para as mesas Desenvolver uma inspeção contínua pelos encarregados	Chefia e grupo de SFMEA	As ações serão tomadas e implementadas em 30 dias	3	3	1 2 18
Retirar tickets Retirar medicamentos Receber a refeição	Funcionário descortês	Cliente insatisfeito provoca bate-boca	4	Funcionários mal treinados	5	Somente quando o cliente reclama	3	Não há um processo definido	5	225	Treinamento dos funcionários, Reuniões periódicas com a chefia	Chefia	As ações serão tomadas e implementadas em 30 dias	4	2	2 2 32

Fonte: < <https://qualityway.wordpress.com/2016/03/14/fmea-de-servicos-prevencao-na-melhoria-de-servicos-por-roberto-g-rotondaro/> >

4 Resultados e discussões

4.1 Análise dos resultados do estudo bibliométrico

Nesta subseção serão apresentados e discutidos os resultados dos dados quantitativos e análise bibliométrica.

A Figura 5 mostra a distribuição ao longo do tempo dos 22 artigos científicos escolhidos para análise. Além disso, com base nesta Figura, é possível observar a tendência crescente dos estudos da FMEA, concentrando-se nos anos de 2007, 2011, 2013 e 2015, reunindo, neste período, 68,2% das publicações.

Figura 5 – Distribuição ao longo do tempo de artigos relacionados à FMEA



Fonte: Autoria própria

Ao analisar os países oriundos das publicações correspondentes, verificou-se que este tema é mais trabalhado em países emergentes. Curiosamente, apenas três países apareceram nos 22 artigos filtrados para o presente estudo. A limitação de bases de dados utilizadas pode ter contribuído para a presença de poucos países no estudo e acredita-se que a liderança do Brasil se deu porque a maioria das bases utilizadas são pertencentes a este país. O fato das publicações serem feitas em países emergentes pode se justificar pela necessidade de correção de falhas com mais frequência nestes países. Ou seja, por não trabalharem quase sempre com uma manutenção preditiva e/ou preventiva, optam por exercer a manutenção corretiva, após o acontecimento da falha de algum evento. De uma forma geral, a perfeição nos processos de operação ou serviços nesses países é, ainda, inferior aos países considerados desenvolvidos. Talvez seja, também, por essa eficiência baixa nos processos de operação que os estudos estão

concentrados nestas localidades. A Tabela 2 apresenta os países e a quantidade de publicações dos mesmos para os artigos que foram investigados.

Tabela 2 – Quantidade de artigos por países

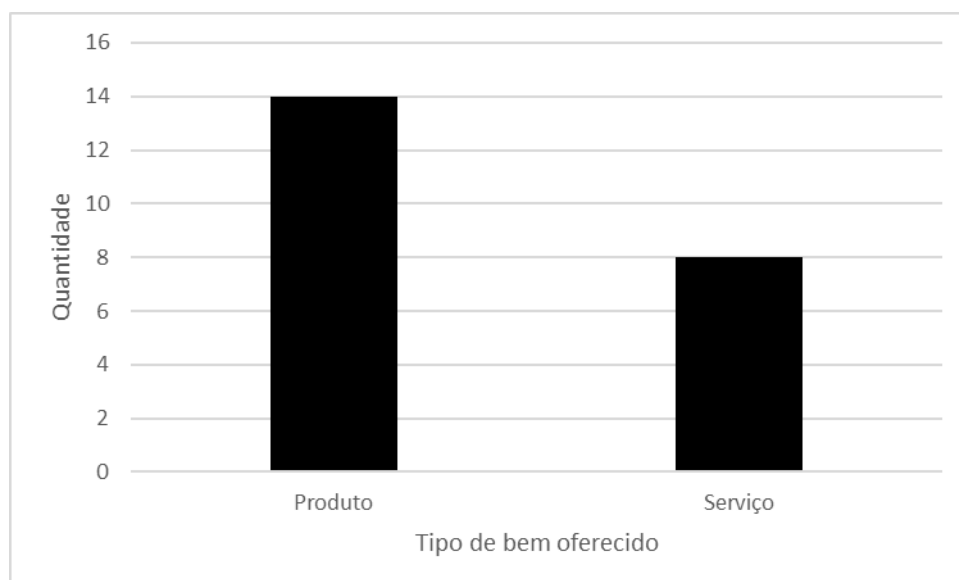
País	Quantidade de Artigos
Brasil	20
Índia	1
Taiwan	1

Fonte: Autoria própria

A partir da Tabela 2, pode-se notar que 100% dos artigos analisados são oriundos de países que ainda não obtiveram o título de país desenvolvido. As características econômicas e sociais de tais países refletem na preocupação da elaboração da Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos. Também, questões culturais nas empresas podem ser levadas em consideração. Países desenvolvidos como os Estados Unidos e Japão procuram desenvolver suas operações visando eliminar os desperdícios, sempre visando o zero defeito. Uma das premissas básicas para obter esse nível de produção é desenvolver formas corretas de manutenção para que o processo operacional não venha a falhar, prejudicando a empresa.

A Figura 6 mostra a divisão dos artigos em relação à finalidade do que é comercializado, produto ou serviço.

Figura 6 – Divisão dos artigos em relação ao bem oferecido pelas empresas



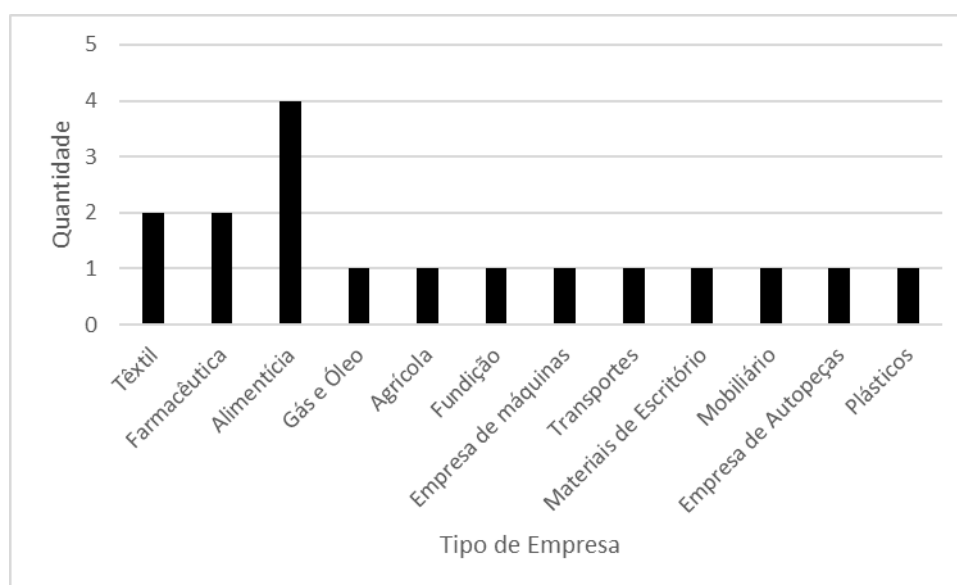
Fonte: Autoria própria

A partir da Figura 6, percebe-se que a aplicação da FMEA é muito mais empregada em empresas que oferecem produtos aos consumidores, concentrando 63,6% das publicações. As

empresas de serviços precisam estar mais atentas com o quesito qualidade prestada ao cliente, principalmente pelo fato de seu bem ser consumido logo após que é produzido, não havendo tempo adicional para corrigir as falhas que podem ocorrer na prestação destes.

Dentre estes bens, 17 artigos foram analisados de acordo com o ramo da empresa, ou seja, qual o produto ou o serviço que é oferecido ao cliente. Os outros cinco artigos não puderam ser classificados, pois referem-se a modelos de programação linear ou a exemplos fictícios que não definiram o tipo de empresa. A Figura 7 mostra essa classificação.

Figura 7 – Detalhamento dos tipos de produtos/serviços abordados nas publicações



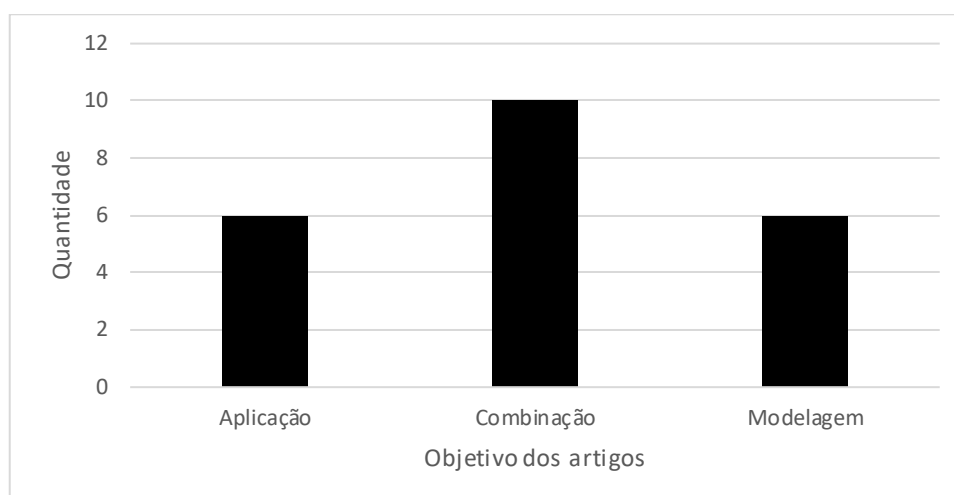
Fonte: Autoria própria

A partir da Figura 7, percebe-se que empresas alimentícias foram fontes da maior quantidade de estudos referentes à aplicação da FMEA para detectar falhas nos processos operacionais das mesmas, concentrando aproximadamente 23,5% dos dezessete artigos.

4.2 Discussão dos resultados

Nesta seção serão apresentados os principais tipos de propostas que foram escolhidos para análise do presente trabalho. Foram escolhidos para uma breve descrição os artigos relacionados a aplicação, modelagem e combinação com outras ferramentas, pois estes foram os de maior incidência nas propostas apresentadas e apresentaram maior possibilidade de uso real. A Figura 8 apresenta os resultados e a Tabela 3 as fontes dos artigos.

Figura 8 – Detalhamento das publicações em relação ao objetivo dos mesmos



Fonte: Autoria própria

Tabela 3 – Fontes utilizadas na definição dos processos principais

Processo	Fontes
Aplicação	Costa <i>et al.</i> (2011), Oliveira <i>et al.</i> (2011), Lima <i>et al.</i> (2011), Lírio <i>et al.</i> (2011), Nogueira <i>et al.</i> (2011), Peres <i>et al.</i> (2011), Carvalho <i>et al.</i> (2011), Laurenti <i>et al.</i> (2012), Zambrano e Martins (2011)
Combinação	Rech <i>et al.</i> (2013), Anzanello <i>et al.</i> (2013), Dutra <i>et al.</i> (2013), Fernandes <i>et al.</i> (2006), Rebelato <i>et al.</i> (2006), Frank <i>et al.</i> (2012), Aguiar e Salomon (2007), Oliveira <i>et al.</i> (2010)
Modelagem	Estorilio <i>et al.</i> (2011), Posso <i>et al.</i> (2011), Rosa <i>et al.</i> (2009), Garrafa <i>et al.</i> (2009), Rotondaro (2002)

Fonte: Autoria Própria

A Tabela 3 apresenta as referências consideradas, dentre os trabalhos analisados, na definição dos processos de estudo da FMEA. Entretanto, é importante destacar que nem todos se aprofundam na descrição ou explicação dos processos de forma que não contribuem para uma análise mais detalhada. Desta forma, a Tabela 3 apresenta a compilação total dos trabalhos que descrevem as três principais áreas, as quais serão descritas a seguir.

Aplicação

A FMEA é muito utilizada pelas grandes empresas e tem sido mais recentemente aplicada também a médias e pequenas empresas para identificar as falhas, sejam elas de produto ou de processo. Os artigos relacionados a aplicação mostram em sua maioria o quão importante é a utilização da FMEA para compreensão e correção dos erros. Costa *et al.* (2011) destacam que um apontamento das falhas e, por conseguinte, uma maior preocupação dos produtores em relação aos possíveis erros, facilita o planejamento como um todo.

A maior parte dos artigos destaca que mais do que o retorno direto decorrente da minimização e eliminação de falhas potenciais, as empresas estudadas tiveram como benefício com a implantação da FMEA inserida no contexto de melhoria da qualidade, o aumento de

confiabilidade do produto ou do serviço prestado, proporcionando mais segurança e uma maior satisfação do cliente. Já do ponto de vista da satisfação do ser humano, o trabalho desenvolvido possibilitou ganhos no campo motivacional e comportamental, com o resgate de valores no sentido da colaboração e comprometimento das pessoas que, juntas, puderam desenvolver uma atividade em prol da organização e de si mesmas.

Combinação

O uso da FMEA aliada a outros métodos ou ferramentas se mostrou bastante interessante pois auxiliaram no processo das empresas e mostraram-se de mais fácil compreensão. Alguns resultados como redução de custos, minimização de erros, satisfação dos trabalhadores, demonstram o sucesso das combinações. Algumas das ferramentas que foram estudadas concomitantemente com a FMEA foram QFD, DRBFM, método AHP, técnica FTA, dentre outras.

A combinação de métodos traz o desafio de olhar cada um dos métodos em foco e, ao mesmo tempo, entender como eles podem trabalhar de forma harmônica e integrada. Este esforço mostrou que dois métodos criados originalmente para aplicações distintas e de natureza bastante diferentes podem, na verdade, ser altamente complementares quando integrados, revelando uma nova e poderosa ferramenta para a qualidade baseada na filosofia da avaliação sistemática das possibilidades de falhas de tudo o que for concebido.

Modelagem

Os artigos definidos por esse parâmetro buscam analisar e sugerir tipos e modos de aplicação da FMEA, na indústria ou serviços, ajustando seu modo de aplicação e mostrando sua importância para qualidade e confiabilidade dos serviços. Apesar das inúmeras publicações e ações já produzidas, a maior parte das empresas não tem conseguido se beneficiar com que o FMEA disponibiliza. Segundo Estorilio e Posso (2011) através de uma pesquisa em mais de uma centena de empresas, eles puderam concluir que a maior parte delas não entende o FMEA como um método de grande potencial, mas sim, como algo necessário para cumprir os requisitos das auditorias da qualidade ou as especificações dos clientes.

Os artigos buscam uma modelagem que se adeque à realidade da empresa e que seja de fácil compreensão para os seus funcionários, fazendo algumas alterações na base da FMEA, como alterações de escala. A escala 1-10 é usada com frequência na pontuação da severidade, ocorrência e detecção, trazendo mais precisão e diferenciação entre resultados, mas a escala 1-5 facilita o consenso entre os membros da equipe envolvida na análise (WELBORN, 2007).

5 Conclusões

Notou-se no presente trabalho a importância da FMEA dentro das empresas, tanto voltada para otimizar um produto ou um serviço. Essa ferramenta vem demonstrando resultados satisfatórios quando aplicada de maneira adequada. Em alguns casos as empresas obtiveram grandes resultados em relação a redução de custos, satisfação do cliente, aceitação dos funcionários e redução das falhas e retrabalhos.

No presente trabalho, buscou-se mapear as principais aplicações da FMEA e percebeu-se que as publicações referentes a este tema são oriundas de países emergentes, pois estas nações muitas vezes não têm um correto planejamento com manutenção adequada e buscam alcançar o modelo de zero defeito da filosofia *Lean*, prática comum em empresas de países desenvolvidos. Também foi observado que essa ferramenta não se restringe a um determinado setor, ficando evidente a aplicação dela em qualquer área ou segmento. Os setores alimentício, farmacêutico e têxtil demonstraram uma busca maior pela ferramenta nos últimos anos.

Ao longo do trabalho foram descritas as diferentes propostas dos artigos selecionados, cada um com uma visão sobre a FMEA e sua aplicação. Foram enquadradas em diferentes linhas de raciocínio e descritas cada tipo de metodologia usada.

Diante do apresentado, conclui-se que é necessária uma maior interação entre empresas e estudiosos para o desenvolvimento de mais publicações referentes ao tema, pois os estudos ainda são considerados precários, com poucos trabalhos. O assunto precisa ser mais comentado porque é bastante útil para a redução de falhas de uma empresa, aumentando sua credibilidade e, conseqüentemente, a satisfação do cliente.

Por fim, após atingir o objetivo planejado, este trabalho abre espaço para trabalhos futuros, ficando evidente a utilização de um maior número de bases de dados para conseguir uma quantidade maior de artigos e analisar publicações de todas as partes do continente, incluindo os países desenvolvidos, pois estes não entraram no estudo.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, Sérgio. **Como cativar o cliente através de um excelente atendimento**. 86ª ed. Salvador : Casa da Qualidade, 2003. 143 p.

BIASOLI, P. **Modelagem Bayesiana da confiabilidade de produtos a partir de dados de campo de utilização de garantia**. 2003. 110 p. Monografia (Trabalho de Conclusão para o Curso de Bacharelado em Estatística) – UFRGS. Porto Alegre, 2003.

COSTA, C.C.M.; OLIVEIRA, Leandro; LIMA, L.B.C.; LIRIO, V.S. **A aplicação do método FMEA e suas implicações no planejamento de uma microempresa rural: Estudo de caso da granja Oliveira**. Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.11, n. 3, p. 757-778, jul./set., 2011.

ESTORILIO, C.; POSSO, R. **Redução das irregularidades identificadas na aplicação do FMEA de processo: um estudo em produtos estampados**. Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.11, n.4, p. 995-1027, out./dez. 2011

HELMAM, H.; ANDERY P. R. P. **Análise de falhas (aplicação dos métodos de fmea – fta)**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, p. 2-4, 1995.

IQA: INSTITUTO DE QUALIDADE AUTOMOTIVA. Manuais QS9000: análise do modo e efeitos de falha potencial: FMEA. 2. ed. São Paulo: IQA, 2002, 81 p.

JURAN, J. M., **A Qualidade desde o projeto**. São Paulo: Livraria Pioneira, 1997. 201p.

PUENTE, J. et al.. **A decision support system for applying failure mode and effects analysis**. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 19, n. 2, p. 73-83, 2002.

RODRIGUES, Marcus Vinicius. **Ações para a qualidade: GEIQ, gestão integrada para a qualidade: padrão seis sigma, classe mundial**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

SHARMA, R.K.; KUMAR, D.; KUMAR, P. **Systematic failure mode effect analysis (FMEA) using fuzzy linguistic modeling**. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 22, n. 9, p. 986-1004, 2005.

STAMATIS, D. H. **Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution**. Milwaukee, US, American Society for Quality, 1995.

TUMER, I. Y., STONE, R. B., BELL, D. G. **Requirements for a failure mode taxonomy for use in conceptual design**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN – ICED 03, 14th - 2003, Estocolmo - SUE. ICED 03 - Proceedings. Estocolmo, Suécia: Design Society, Agosto de 2003

WELBORN, C. **Using FMEA to assess outsourcing risk**. *Quality Progress*, v. 40, n. 8, p. 17-21, 2007